

10/574723

E-011171

Printed: 29-09-2005

8417 WO

DESCRAMD

PCT/EP2004/011171

1

## Beschreibung

Verfahren und Steuervorrichtung zum Betrieb einer Walzstraße für Metallband

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1; eine Anwendung eignet sich insbesondere für den Betrieb in einem Warmwalzwerk, z.B. in der Fertigstraße, ist jedoch nicht darauf beschränkt.

10

Des weiteren betrifft die Erfindung eine Steuervorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

15

Aus der Deutschen Offenlegungsschrift DE 198 51 554 A1 ist es bekannt, das Profil und/oder die Planheit eines Metallbandes beim Auslaufen aus einer Walzstraße zu ermitteln und zur Voreinstellung einer Walzstraße zu verwenden. Die gemessene sichtbare Planheit wird hier einem neuronalen Netz in Form von Eingangsparametern zugeführt.

20

Aus der DE 197 584 66 A1 ist ein Planheits-Regelungssystem für Metallband bekannt, wobei ein Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie von Warmband unter Erzeugung von Linien auf der Bandoberfläche eingesetzt wird. Die so gemessene sichtbare Planheit wird über ein Planheitsanalysesystem einer Planheitsregelung zugeführt.

25

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Walzstraße für Metallband derart zu betreiben, dass eine Steuerung bereitgestellt wird, die gewährleistet, dass eine geforderte sichtbare Planheit des gewalzten Metallbandes innerhalb vorgegebener Schranken zuverlässig und mit hinreichender Genauigkeit eingehalten wird.

30

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren der eingangs genannten Art, wobei zur Steuerung der Walzgerüste mittels eines Beulmodells Werte für die sichtbare Planheit in Werte für

35

die intrinsische Planheit übersetzt werden und mittels eines Materialflussmodells die intrinsische Planheit - in Materialflussrichtung gesehen - vor einem physikalischen Messort der Planheit bestimmt wird.

5

Durch die erfindungsgemäß mit Hilfe des Beulmodells mögliche Berücksichtigung sowohl der sichtbaren Planheit der Walzstrasse als auch der intrinsischen Planheit können äußerst hohe Anforderungen hinsichtlich der Güte der sichtbaren Plan-

10

heit des Metallbandes erfüllt werden, obwohl die sichtbare Planheit bzw. Welligkeit des Metallbandes beim Walzen unter Zug, also zwischen den Walzgerüsten, mitunter völlig verschwindet und somit innerhalb der Walzstrasse in vielen Fällen praktisch nicht messbar ist. Durch die Übersetzung von

15

Werten für die sichtbare Planheit in Werte für die intrinsische Planheit bzw. Werten für die intrinsische Planheit in Werte für die sichtbare Planheit können mittels des Materialflussmodells berechnete intrinsische Bandplanheiten und am Auslauf einer Walzstraße gemessene sichtbare Bandplanheiten an einander angepasst bzw. verifiziert werden.

20

Mittels des Beulmodells wird erstmalig ein eindeutiger Zusammenhang zwischen intrinsischer und sichtbarer Planheit des Metallbandes hergestellt. Somit wird es erstmals möglich,

25

nicht nur eine Voreinstellung auf Grundlage von Planheitsmessungen vorzunehmen, sondern die sichtbare Planheit zu einer genauen Steuerung bzw. Regelung des laufenden Walzvorgangs zu verwenden.

30

Mit Vorteil wird die sichtbare Planheit in Form eines Beulmusters ermittelt. Das Beulmuster ist datentechnisch leicht vergleichbar und mit verhältnismäßig geringem Aufwand speicherbar.

35

Mit Vorteil ist das Beulmuster dreidimensional. Mit Vorteil wird zur Ermittlung des Beulmusters des Metallbandes neben der relativen Länge einzelner Spuren des Metall-

## 3

bandes mindestens eine der Größen Wellenlänge, Amplitude und Phasenversatz der einzelnen Spuren ausgewertet. Das Beulmuster kann so wesentlich genauer erfasst werden.

- 5 Mit Vorteil wird zur Ermittlung des Beulmusters ein Mehrspur-Laser-Messgerät verwendet, was eine kostengünstige Erfassung des Beulmusters bei ausreichend hoher Präzision ermöglicht.

- 10 Mit Vorteil wird die sichtbare Planheit topometrisch gemessen. Derart wird eine flächenhafte Erfassung der Bandoberflächenstruktur und insbesondere des Beulmusters direkt möglich.

- 15 Mit Vorteil erfolgt die Übersetzung der Planheiten online. Derart wird eine besonders exakte Steuerung bzw. Regelung der Bandplanheit ermöglicht.

- 20 Mit Vorteil erfolgt die Übersetzung der Planheiten unter Zuhilfenahme einer on-line-fähigen Approximationsfunktion. Derart kann On-line-Rechenzeit bei der Übersetzung zwischen sichtbarer und intrinsischer Planheit eingespart werden.

- 25 Mit Vorteil wird ausgehend von der intrinsischen Planheit des Metallbandes dessen Beulmuster mittels des Beulmodells durch Aufbringen einer fiktiven Temperaturverteilung in Querrichtung des Metallbandes modelliert. Die dieser Bandtemperaturverteilung entsprechende thermische Ausdehnung in Bandlängsrichtung, nicht aber in Querrichtung, entspricht einer der intrinsischen Planheit zuordenbaren Längenverteilung. Derart muss lediglich ein Segment begrenzter Länge modelliert werden
- 30 und es können die Modellgleichungen der elastischen Plattenverformungen mit großen Auslenkungen mit geeigneten Randbedingungen an den Segmentkanten aufgestellt werden.

- 35 Mit Vorteil werden zur Steuerung der Walzstraße ein oder mehrere Planheitsgrenzwerte an frei wählbaren Punkten innerhalb und/oder nach der Walzstraße vorgegeben. Die Planheitsgrenzwerte können sich auf die intrinsische Planheit und/oder die

4

sichtbare Planheit beziehen. Dadurch, dass Planheitsgrenzwerte überall innerhalb bzw. nach der Walzstraße vorgegeben werden können, können Regelgenauigkeiten für den Walzprozess wesentlich erhöht werden.

5

Die Aufgabe wird auch gelöst durch eine Steuervorrichtung zum Betrieb einer Walzstraße für Metallband mit mindestens einem Walzgerüst, wobei die Steuervorrichtung zur Durchführung eines zuvor beschriebenen Verfahrens mindestens eine Rege-

10 lungseinheit aufweist, die mit einem Beulmodell gekoppelt ist, welches mit einer Vorrichtung zum Messen der sichtbaren Planheit des Metallbandes und mit einem Materialflussmodell gekoppelt ist. Vorteilhafte Ausbildungen der Steuervorrichtung sind in Unteransprüchen angegeben. Die Vorteile der  
15 Steuervorrichtung ergeben sich analog zu denen des Verfahrens.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Figuren. Dabei zeigen:

20

FIG 1 eine mehrgerüstige Walzstraße zum Walzen von Metallband und eine der Walzstraße zugeordnete Steuervorrichtung,

25

FIG 2a-2c Beispiele für Metallbänder mit Planheitsfehlern,

FIG 3 die Untergliederung eines Metallbandes in Spuren,

30 FIG 4 einen Ausschnitt einer mehrgerüstigen Walzstraße mit Steuervorrichtung,

FIG 5 die Geometrie eines Abschnitts eines Metallbandes.

## 4a

Gemäß Figur 1 wird eine Walzstraße zum Walzen eines Metallbandes 1 von einem Steuerrechner 2 gesteuert. Das Metallband 1 kann beispielsweise ein Stahlband, ein Aluminiumband oder ein Buntmetallband, insbesondere ein Kupferband, sein. Die 5 Walzstraße weist mindestens zwei Walzgerüste 3 auf.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Walzstraße für Metallband (1),  
die mindestens ein Walzgerüst (3) aufweist, wobei eine sicht-  
bare Planheit (vp) des Metallbandes (1) am Auslauf der Walz-  
straße gemessen wird,  
dadurch gekennzeichnet, dass zur  
Steuerung des mindestens einen Walzgerüsts mittels eines  
Beulmodells (12) Werte für die sichtbare Planheit (vp) in  
Werte für die intrinsische Planheit (ip) übersetzt werden und  
mittels eines Materialflussmodells (9) die intrinsische Plan-  
heit (ip) vor einem physikalischen Messort der Planheit be-  
stimmt wird.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die  
sichtbare Planheit (vp) in Form eines Beulmusters ermittelt  
wird.
3. Verfahren nach Patentanspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass das  
Beulmuster dreidimensional ist.
4. Verfahren nach Patentanspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass zur Er-  
mittlung des Beulmusters neben der relativen Länge einzelner  
Spuren (S1 bis Sn) des Metallbandes (1) mindestens eine der  
Größen Wellenlänge, Amplitude und Phasenversatz der einzelnen  
Spuren (S1 bis Sn) ausgewertet wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass zur Er-  
mittlung der intrinsischen Planheit (ip) ein Mehrspur-Laser-  
Messgerät (13) verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass die  
sichtbare Planheit (vp) topometrisch gemessen wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass mittels  
des Beulmodells (12) Werte für die intrinsische Planheit (ip)  
in Werte für die sichtbare Planheit (vp) übersetzt werden.
- 10 8. Verfahren nach Patentanspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass die  
Übersetzung der Planheiten (ip bzw. vp) online erfolgt.
9. Verfahren nach Patentanspruch 7 oder 8,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass die  
Übersetzung der Planheiten (ip bzw. vp) unter Zuhilfenahme  
einer online-fähigen Approximationsfunktion erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass ausge-  
hend von der intrinsischen Planheit (ip) des Metallbandes (1)  
dessen Beulmuster mittels des Beulmodells (12) durch Aufbrin-  
gen einer fiktiven Temperaturverteilung in Querrichtung (y)  
des Metallbandes (1) ermittelt wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass zur  
Steuerung der Walzstraße ein oder mehrere Planheitsgrenzwerte  
an frei wählbaren Punkten vorgegeben werden.
- 30 12. Steuervorrichtung (2) zum Betrieb einer Walzstraße für  
Metallband (1) mit mindestens einem Walzgerüst (3), wobei die  
Steuervorrichtung (2) mindestens eine Regelungseinheit (11)  
aufweist,
- 35 dadurch gekennzeichnet, dass die Re-  
gelungseinheit (11) zur Durchführung eines Verfahrens gemäß  
einem der vorstehenden Patentansprüche mit einem Beulmodell

15

(12) gekoppelt ist, welches mit einer Vorrichtung zum Messen der sichtbaren Planheit (vp) des Metallbandes (1) und mit einem Materialflussmodell (9) gekoppelt ist.

- 5 13. Steuervorrichtung (2) nach Patentanspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Messung der sichtbaren Planheit (vp) ein Mehrspur-Laser-Messgerät (13) ist.
- 10 14. Steuervorrichtung (2) nach Patentanspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Beulmodell (12) zur Ermittlung eines Beulmusters des Metallbandes (1) mit mindestens einem topometrischen Messsystem gekoppelt ist.